

10. About the statement of the List of forest zones of the Russian Federation and the List of forest areas of the Russian Federation: approved. Ave MNR of Russia of August 18, 2014 N 367 (as amended on March 21, 2016). URL: [http:// www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)
11. OST 56 69-83. Areas of trial forest inventory. Bookmark methods. URL: [http:// www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)
12. GOST 16128-70. Areas of trial forest inventory. The method of bookmarking. Moscow: Izd-vo standards, 1971. 23 p.
13. Fundamentals of phytomonitoring / S.V. Zalesov, E.A. Zoteeva, A.G. Magasumov, N.P. Shvalev. Yekaterinburg: Ural state forestry university, 2007. 76 p.
14. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia of June 29, 2016 N 375 «On the approval of the rules of le-recovery». URL: [http:// www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)
15. Babich N.A., Gaevsky N.P., Konyushatov O.A. Cultures of spruce in the Vologda region. Arkhangelsk: Publication house ELPA, 2000. 160 p.
16. Zarubina L.V. Growth of the sub-orthogonal resumption of spruce on the felling of the birch birch tree // Izvestiya SPbLTA. 2016. Vol. 216. P. 58–68.
17. Zarubina L.V., Konovalov V.N. Ecological and physiological features of spruce in birch birch forests: monograph / Sev. (Arctic) feder. un-t them. M.V. Lomonosov. Arkhangelsk: IAU SAFU, 2014. 378 p.
18. Shcherbatyuk A.S., Suvorova G.G., Yankova L.S. Species specificity of the reaction of photosynthesis of conifers to environmental factors // Forest Science. 1999. No. 5. P. 41–49.

УДК 502.56

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ СОСТОЯНИЯ БЕРЕЗЫ НА РАЗЛИЧНОМ УДАЛЕНИИ ОТ ОАО «УФАЛЕЙНИКЕЛЬ»

С.В. ЗАЛЕСОВ – доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, зав. кафедрой лесоводства
e-mail: zalesov@usfeu.ru*

А.В. БАЧУРИНА – кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры лесоводства
e-mail: 9502011169@mail.ru*

А.О. ШЕВЕЛИНА – магистрант Института леса и природопользования*

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37,
тел.: 8 (343) 261-52-88

Ключевые слова: береза повислая, флуктуирующая асимметрия, интегральный показатель асимметрии, листовая пластинка, промышленные поллютанты, ОАО «Уфалейникель».

В связи с многолетней деятельностью металлургического предприятия ОАО «Уфалейникель» вблизи города Верхний Уфалей сложилась неблагоприятная экологическая ситуация. Объем выбросов составлял около 44 000 т в год. С 1 апреля 2017 г. производственная деятельность ОАО «Уфалейникель» остановлена. Тем не менее его отрицательное влияние еще долгое время будет сохраняться в результате накопления вредных веществ в почве, растениях и т.д.

В работе приведены результаты изучения состояния древесной растительности в условиях длительного воздействия промышленных поллютантов ОАО «Уфалейникель» методом флуктуирующей асимметрии

листовой пластинки березы повислой. На основании данных интегральных показателей асимметрии листовых пластинок березы повислой пяти точек сбора, расположенных на удалении 1,5–31,3 км от источника поллютантов, оценена стабильность состояния деревьев. Выявлена зависимость интегрального показателя асимметрии листьев березы на обследованном участке их произрастания от расстояния до источника промышленных поллютантов, имеющая линейный характер. С помощью существующей шкалы определен балл и оценена стабильность состояния. Обнаружено критическое состояние деревьев березы, произрастающей в черте города, а также на расстоянии 7,6 км от источника поллютантов. На удалении 31,3 км от ОАО «Уфалейникель» состояние деревьев березы оценивается как условно нормальное.

VALUATION OF BIRCH STAND STABILITY UNDER VARIOUS REMOTENESS FROM ОАО «UFALEYNIKEL»

S.V. ZALESOV – doctor of agricultural sciences,
professor, head of forestry chair
e-mail: zalesov@usfeu.ru*

A.V. BACHURINA – candidate of agricultural sciences,
assistant professor,
e-mail: 9502011169@mail.ru*

A.O. SHEVELINA – master student of the Institute of Forest and Nature Management*

* Federal State Budgetary Educational Institution of
Higher Education «Ural State Forest Engineering University»,
620100, Russia, Yekaterinburg, Sibirsky tract, 37;
Phone: +7 (343) 261-52-88

Key words: *Betula pendula*, *fluctuating asymmetry*, *asymmetry integral index*, *lamina*, *industrial pollutants*, *ОАО «Ufaleynikel»*.

As a result of many-year activity of ОАО «Ufaleynikel» enterprise situated near the city of Verhny Ufaley unfavorable situation has been turned out. Emission volume constituted 44 000 tones yearly. From the first of April 2017 industrial activity of ОАО «Ufaleynikel» was stopped. Nevertheless, negative effects will be kept for a long time as a result of harmful substances accumulation in soil, plants, etc.

The paper deals with the results of woody vegetation in condition of industrial pollutants of ОАО «Ufaleynikel» negative effect over a long period of time by the method of birch lamina asymmetry. On the base of integral index of birch lamina asymmetry in 5 collection points on 1,5–31,3 km remoteness trees stability state has been determined. Dependence of asymmetry integral index of birch lamina on the investigated site of their growth under their remoteness from industrial pollutants source has been exposed, it bears linear character. Applying the scale now in use the number has been determined and state stability estimated. The birch tree critic state growing within the city boundaries as well as growing about 7,6 km remoteness from the pollutant sources has been. On 31,3 km remoteness from ОАО «Ufaleynikel» birch stand state is evaluated as condition-normal.

Введение

В связи с многолетней деятельностью металлургических предприятий в ряде городов Урала сложилась неблагоприятная экологическая ситуация [1]. Одним из них является город

Верхний Уфалей Челябинской области. На протяжении длительного периода времени градообразующим предприятием здесь являлось ОАО «Уфалейникель» – второе в России по объемам производства никеля. Объем

выбросов предприятия составлял около 44 000 т в год. В составе поллютантов насчитывалось около 40 видов вредных веществ, основными из них являются диоксид серы, неорганическая пыль, бензапирен, оксид меди,

никель и др. С 1 апреля 2017 г. руководство предприятия объявило об остановке производства и консервации оборудования из-за нерентабельности предприятия [2]. Несмотря на это, отрицательное влияние деятельности ОАО «Уфалейникель» – флагмана цветной металлургии – еще долгое время будет сохраняться в результате накопления вредных веществ в почве, растениях и т.д.

Цель и методика исследований

Целью работы является оценка стабильности состояния деревьев березы повислой в районе длительного воздействия промышленных поллютантов ОАО «Уфалейникель».

Для изучения состояния древесной растительности в условиях длительного воздействия промышленных поллютантов ОАО «Уфалейникель» нами был использован метод флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.). Флуктуирующей асимметрией называют небольшие ненаправленные различия между правой и левой (R – L) сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией. Это позволяет оценить нестабильность развития организма.

Установлено, что при антропогенных воздействиях происходят морфологические изменения листовой пластины (уменьшение ее площади, появление асимметрии) [3, 4, 5]. Листья березы повислой в качестве биоиндикаторов выбраны неслучайно. Во-первых, они обладают высокой погло-

тельной способностью, а во-вторых, береза повислая – самая распространенная древесная порода, произрастающая в естественных условиях района исследований. В Уфалейском лесничестве доля мягколиственных насаждений составляет 65,7 % площади, покрытой лесной растительностью, из которых 50,2 % приходится на березовые насаждения.

Исследования проводились в соответствии с Методическими рекомендациями [6]. В соответствии с методикой с каждой

точки отбора у березы повислой равномерно вокруг дерева со всех доступных веток собирались сто листьев из нижней части кроны. Для исследования выбирались деревья, достигшие генеративного возрастного состояния. Размер листьев должен быть сходным, средним для данного растения.

При помощи штангенциркуля, линейки и транспортира у каждого листа измерялось по пять признаков слева и справа, как показано на рис. 1.

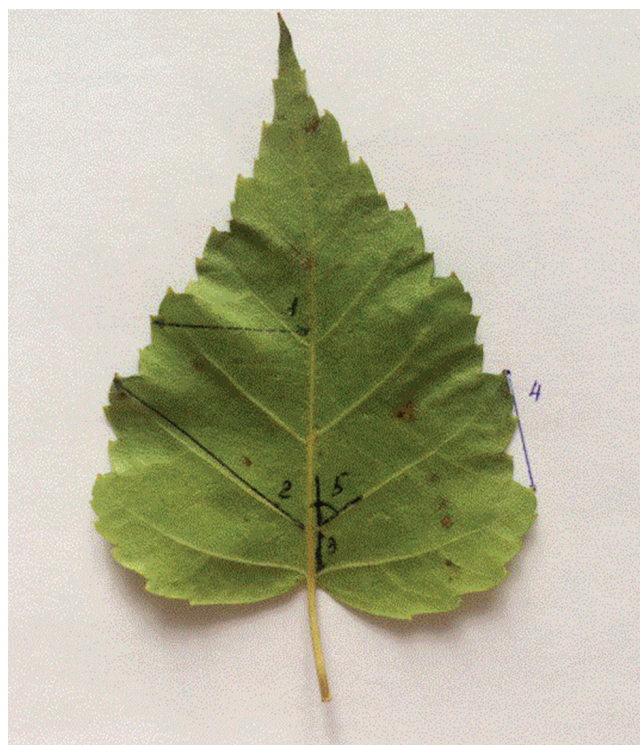


Рис. 1. Схема замеров листовой пластинки березы повислой для определения показателей ФА:

- 1 – ширина левой и правой половинок листа;
- 2 – длина жилки второго порядка, второй от основания листа;
- 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;
- 4 – расстояние между концами этих же жилок;
- 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка

Fig. 1. The scheme of measurements of the birch lamina is taken to determine the fluctuating asymmetry indexes

- 1 – the width of the left and right halves of the sheet;
- 2 – length of vein of second order, second from base of leaf;
- 3 – distance between the bases of the first and second veins of the second order;
- 4 – distance between the ends of the same veins;
- 5 – the angle between the main vein and the second second-order vein from the base of the leaf

Среднюю величину асимметрии A рассчитывали как отношение разницы в оценке слева L и справа R к сумме этих оценок:

$$A = \frac{|L - R|}{|L + R|}. \quad (1)$$

Затем вычислялась величина асимметрии каждого листа, т.е. суммировались все значения по всем признакам и делились на количество признаков. На последнем этапе вычислен интегральный показатель стабильности развития – величина среднего относительного различия между сторонами. Для этого вычислено среднее арифметическое всех величин асимметрии для каждого листа. Указанное значение округлено до третьего знака после запятой. Диапазон значений интегрального показателя до 0,040 соответствует первому баллу (условная норма), 0,040–0,044 – второму баллу, 0,045–0,049 –

третьему баллу, 0,050–0,054 – четвертому баллу, более 0,054 и выше – пятому баллу (критическое состояние). Такие значения показателя асимметрии наблюдаются в крайне неблагоприятных условиях, когда растения находятся в сильно угнетенном состоянии [6].

Результаты исследований и их обсуждение

В сентябре 2017 г. после прекращения роста листьев березы повислой нами был проведен их отбор согласно методике на пяти объектах: четыре временных пробных площади (ВПП) заложены нами в 2015 г. для проведения исследований влияния промышленных поллютантов ОАО «Уфалейникель» на состояние некоторых компонентов насаждений и отнесены соответственно к зонам сильной (ВПП-2), средней (ВПП-5), слабой степени пора-

жения (ВПП-7) и условно-контрольной ВПП-8К [1]. Дополнительно взята пятая точка сбора, расположенная в черте города.

Интегральные показатели стабильности развития на каждой точке сбора приведены в таблице.

Материалы таблицы свидетельствуют, что состояние среды в черте города, а также на расстоянии 7,6 км от источника промышленных поллютантов оценивается как критическое. При визуальном обследовании деревьев березы, произрастающих в черте города, заметны такие признаки поражения, как скручивание, некрозы, а также преждевременное пожелтение и опад листьев. Безусловно, негативный фактор влияния промышленных поллютантов на состояние деревьев и окружающей среды в целом хоть и определяющий, но не единственный. Немалое значение на состояние среды

Интегральные показатели стабильности развития
Integral indicators of stability of development

Точка сбора образцов Collection point	Расстояние от источника поллютантов, км Distance from a source of pollutants, km	Интегральный показатель асимметрии The integral exponent of asymmetry	Балл состояния Score of state	Качество развития Quality of development
Черта города Dash of the town	1,5	0,058	5	Критическое состояние Critical condition
ВПП-2 VPP-2	7,6	0,056	5	Критическое состояние Critical condition
ВПП-5 VPP-5	16,9	0,042	2	Начальные (незначительные) отклонения от нормы Initial (minor) deviations from the norm
ВПП-7 VPP-7	21,3	0,043	2	Начальные (незначительные) отклонения от нормы Initial (minor) deviations from the norm
ВПП-8К VPP-8K	31,3	0,039	1	Условно нормальное Conditionally normal

оказывает и воздействие выбросов автотранспорта, рекреационные нагрузки, другие антропогенные факторы.

На нестабильность развития деревьев березы на ВПП-2 указывает полученный интегральный показатель асимметрии. Отметим также, что в результате ранее проведенных нами исследований [7] было установлено, что средний балл категории санитарного состояния деревьев березы на ВПП-2 равен 3,7, т.е. состояние их сильно ослабленное.

В зонах среднего (ВПП-5) и слабого поражения (ВПП-7) промышленными поллютантами выявлены начальные (незначительные) отклонения от нормы развития деревьев березы. Это

означает, что на растения действуют стрессовые факторы среды, которые приводят к нарушению стабильности морфогенеза листа и, как следствие, увеличению его флуктуирующей асимметрии. Средний балл категории санитарного состояния деревьев березы на ВПП-5 и ВПП-7 равен 2,9 и 2,5 соответственно, тогда как на условно-контрольной пробной площади он значительно улучшается и составляет 1,9.

Полученный интегральный показатель асимметрии листьев березы на ВПП-8К указывает, что эти деревья произрастают в благоприятных экологических условиях. То есть они практически не испытывают техногенную нагрузку, что подтверждает пра-

вильность выбора насаждения для закладки ВПП, используемой нами как условно-контрольная.

Наглядное представление зависимости интегрального показателя асимметрии листьев березы на обследованном участке их произрастания от расстояния до источника промышленных поллютантов позволяет получить данные, приведенные на рис. 2.

Данная зависимость имеет линейный характер, на что указывает полученное уравнение. С удалением от источника поллютантов нормализуется стабильность состояния деревьев березы, т.е. наблюдается приближение к норме билатеральной симметрии листовых пластинок.

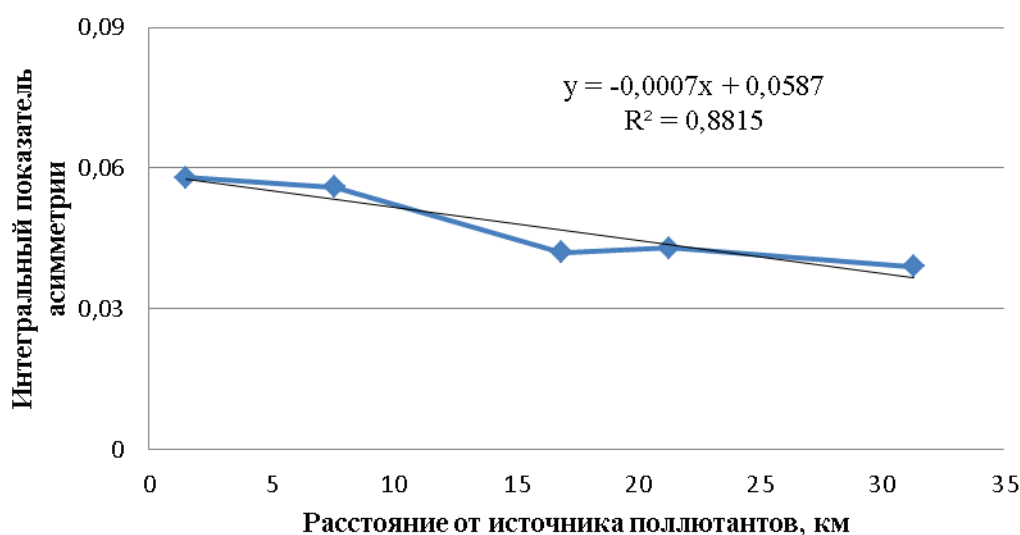


Рис. 2. График зависимости величины интегрального показателя асимметрии листьев березы на обследованном участке их произрастания от расстояния до источника промышленных поллютантов
Fig. 2. Graph of the dependence of the value of the integral indicator of the asymmetry of birch lamina on the investigated area of their growth from the distance to the source of industrial pollutants

Выводы

1. Метод флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой является эффективным для изучения состояния древесной раститель-

ности в условиях длительного воздействия промышленных поллютантов.

2. Состояние среды в черте города, а также на расстоянии 7,6 км от источника промышлен-

ных поллютантов оценивается как критическое.

3. В зонах среднего и слабого поражения промышленными поллютантами выявлены начальные (незначительные)

отклонения от нормы развития деревьев березы.

4. Полученный интегральный показатель асимметрии листьев деревьев березы, произрастающей на удалении 31,3 км, свидетельствует о благоприятных экологических условиях.

5. Выявлена зависимость интегрального показателя асимметрии листьев березы на обследованном участке их произрастания от расстояния до источника промышленных поллютантов, имеющая линейный характер.

6. Результаты исследований могут являться основанием для привлечения внимания общественности, администрации города, руководителей предприятия к вопросам восстановления благополучия окружающей среды.

Библиографический список

1. Бачурина А.В., Белов Л.А., Шевелина А.О. Состояние естественного возобновления в сосняках, прилегающих к г. Верхнему Уфалею Челябинской области // Леса России и хоз-во в них. 2017. Вып. 2 (61). С. 13–21.
2. Залесов С.В., Бачурина А.В., Бачурина С.В. Состояние лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь», и реакция их компонентов на проведение рубок обновления [Электронный ресурс]: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017.
3. Использование показателя флуктуирующей асимметрии березы повислой для оценки её состояния / С.В. Залесов, Б.О. Азбаев, Л.А. Белов, Ж.О. Суюндиков, Е.С. Залесова, А.С. Оплетаяев // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/119-14518> (дата обращения 12.09.2014).
4. Залесов С.В., Зарипов Ю.В., Фролова Е.В. Анализ состояния подростка березы повислой (*Betula pendula* Roth.) на отвалах месторождений хризотил-асбеста по показателю флуктуирующей асимметрии // Вестник Бурят. гос. с.-х. акад. им. В.Р. Филиппова. 2017. № 1 (46). С. 71–77.
5. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Н.Г. Кряжева, Е.К. Чистякова, А.Т. Чубинишвили; Центр экологической политики России, Центр здоровья среды. М., 2000. 68 с.
6. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур): утв. распоряжением Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р. URL: <http://www.consultant.ru>
7. Шевелина А.О., Бачурина А.В. Влияние промышленных поллютантов ОАО «Уфалейникель» на санитарное состояние древостоев прилегающих сосняков // УГЛТУ в решении социальных и лесоводственно-экологических проблем лесного комплекса Урала и Западной Сибири: матер. XIII Всерос. научн. техн. конф. студентов и аспирантов Ин-та леса и природопользования. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. С. 224–227.

Bibliography

1. Bachurina A.V., Belov L.A., Shevelina A.O. The state of natural renewal in pine forests adjacent to the Upper Ufaley of the Chelyabinsk region // Forests of Russia and their economy. 2017. Issue. 2 (61). P. 13–21.
2. Zalesov S.V., Bachurina A.V., Bachurina S.V. The condition of forest plantations, subject to the influence of industrial pollutants of CJSC Karabashmed, and the reaction of their components to the carrying out of felling renewal [Electronic resource]: training. allowance. Yekaterinburg: Ural state forestry univ., 2017.
3. Use of the indicator of the fluctuating asymmetry of the birch layer to assess its state / S.V. Zalesov, B.O. Azbaev, L.A. Belov, Zh.O. Suyundikov, E.S. Zalesova, A.S. Opletayev // Modern problems of science and education. 2014. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/119-14518> (Date of circulation 12.09.2014).

4. Zalesov S.V., Zaripov Yu.V., Frolova E.V. Analysis of the state of the birch podula undergrowth (*Betula pendula* Roth.) On the dumps of the chrysotile-asbestos deposits in terms of the fluctuation asymmetry index. // Vestnik Buryat State Agricultural Academy V.R. Filippova. 2017. № 1 (46). P. 71–77.
5. Health of the environment: a methodology for evaluation / V.M. Zakharov, A.S. Baranov, V.I. Borisov, A.V. Valetsky, N.G. Kryazheva, E.K. Chistyakova, A.T. Chubinishvili; Center for Environmental Policy of Russia, Center for Environmental Health. M., 2000. 68 p.
6. Methodological recommendations for the implementation of environmental quality assessment for the state of living beings (assessment of the stability of living organisms according to the level of asymmetry of morphological structures). Approved. Order of Rosescology of 16.10.2003 № 460-r. URL: [http:// www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)
7. Shevelina A.O., Bachurina A.V. Influence of industrial floor-lutants of JSC «Ufaleynickel» on the sanitary state of stands of adjacent pine forests. // UGLTU in solving social and forestry-ecological problems of the forest complex of the Urals and Western Siberia: Mather. XIII All-Russia scientific tech. Confer. students and postgraduates of the Institute of Forest and Nature Management. Yekaterinburg: Ural state forestry univ., 2017. P. 224–227.

УДК 630*182.46

**КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАГМЕНТОВ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ
CHAMAECYTISUS RUTHENICUS (FISCH. EX WOL.) KLASK.
В ЛЕСОПАРКОВОЙ ЗОНЕ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА**

Е.А. ТИШКИНА – кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры экологии, природопользования и защиты леса,
научный сотрудник лаборатории «Экологии древесных растений»
Ботанический сад Уральского отделения РАН, 620144, Россия,
Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,
тел.: 89022654470, e-mail: Elena.MLOB1@yandex.ru*

Л.П. АБРАМОВА – кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры лесоводства,
тел. 8(343)262-51-88, e-mail: abramovalp@rambler.ru*

А.И. ЧЕРМНЫХ – кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры лесоводства,
тел. 8(343)254-64-08, e-mail: chermnykh_artem@mail.ru*

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

Ключевые слова: ракитник русский, фрагменты ценопопуляции, категория жизненного состояния, возрастная структура, морфологические параметры, почва, почвенные условия, гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, реакция почвы.

Проведено комплексное исследование фрагментов ценопопуляций ракитника русского (*Chamaecytisus ruthenicus*) в светлохвойных насаждениях лесопарка им. Лесоводов России г. Екатеринбурга Свердловской области на основе их онтогенетического спектра, индексов восстановления, замещения и возрастной, плотности, категорий жизненного состояния, морфологических и агрохимических параметров.